

CMC:N TOIMIVUUDEN TUTKIMINEN LABORATORIO-OLOSUHTEISSA

Pekka Lukkari

Opinnäytetyö
Kesäkuu 2011
Paperitekniiikan koulutusohjelma
Paperitekniiikan suuntautumisvaihtoehto
Tampereen ammattikorkeakoulu

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Paperitekniikan koulutusohjelma
Paperitekniikan suuntautumisvaihtoehto

Pekka Lukkari: CMC:n toimivuuden tutkiminen laboratorio-olosuhteissa

Opinnäytetyö 12 s.
Kesäkuu 2011

Opinnäytetyön aiheena oli tutkia kemikaalin toimivuutta laboratorio-olosuhteissa. Työn teoriaosuudessa selvitettiin puukuidun rakennetta ja jauhatuksen vaikutuksia kuituihin. Puukuitu koostuu erilaisista osista ja valmistettaessa paperia tulee tuntee osien rakenteet ja eroavaisuudet.

Massankäsittelyn yksi tärkeimmistä prosesseista on jauhatus. Jauhatuksessa käsittelyllä ja valikoimisella parannetaan paperin lujuutta ja optisia ominaisuuksia. Jauhatuksen vaikutukset ovat hyvin monimutkaisia. Tämän vuoksi optimointi on hankalaa ja moni haluttu jauhatuksen tulos käyttäytyy toiseen ominaisuuteen verrattuna päinvastaisesti. Erilaiset puukuidut vaativat erilaisen jauhatuksen. Tärkeimpiä jauhatuksen vaikutuksia kuituihin ovat primäärikalvon irtoaminen jauhatuksen alussa ja ulkoinen fibrillaatio.

Työ sisältää luottamuksellisen osan.

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Paper Technology
Option of Paper Technology

Pekka Lukkari: Study of performance of CMC in laboratory circumstances

Bachelor's thesis 12 pages
June 2011

The study examines performance of chemical in laboratory. In the theory part of the study the structure of wood fibre and the effect of refining on the fibres were examined. Wood fibre consists of different kind of elements and when manufacturing paper it is good to know the structures and differences of the elements.

Refining is one of the most important processes of stock preparation. Processing and selecting in refining improves paper strength and optical properties. The effects of refining are very complex. Due to this optimization is difficult and many of the wanted results of the refining behave reversed compared to other characteristics. Different wood fibres require different refining. Most important affects of refining to fibres are removal of primary fiber wall and internal fibrillation.

The final thesis contains a confidential part.

Keywords: refining, performance of CMC

SISÄLLYS

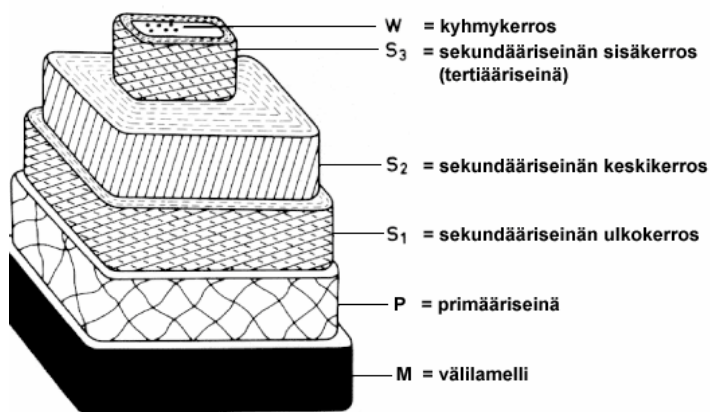
1 PUUKUIDUN RAKENNE	5
2 JAUHATUKSEN VAIKUTUKSET KUITUIHIN	6
2.1 Rakenteelliset muutokset.....	7
2.2 Primäärikalvon poistuminen.....	7
2.3 Sisäinen fibrillaatio	8
2.4 Kuitujen katkeilu.....	9
2.5 Ulkoinen fibrillaatio ja hienoaineen muodostuminen	10
2.6 Orgaanisen aineksen vapautuminen.....	11
LÄHTEET	12

1 PUUKUIDUN RAKENNE

Puukuitu koostuu erilaisista kerroksista, joista uloimpana on välilamelli. Välilamellin tehtävänä on sitoa kuidut keskenään yhteen kestäväksi rakenteeksi sisältämänsä ligniinin avulla. Ulommaisena on ohut primääriseinä, joka koostuu pääasiallisesti ligniinistä. Primääriseinän tarkoituksena on pitää kuitu kasassa ja primääriseinän poistaminen onkin tärkeimpiä vaiheita kuituja muokattaessa, jotta muihin kuidun kerroksiin päästään käsiksi. (Hägglom-Ahnger & Komulainen, 2005)

Massanvalmistuksen kannalta tärkein on sekundääriseinä, joka jakautuu kolmeen osaan: ulko-, sisä- ja keskikerrokseen. Näistä seinästä keskikerros on paksuin, ja sen ominaisuudet vaikuttavat suurimmilta osin koko soluseinän ominaisuuksiin. Sekundääriseinä koostuu pääasiallisesti selluloosasta ja hemiselluloosasta, mutta se sisältää myös jonkin verran ligniiniä. Sekundääriseinän mikrofibrillit ovat ulko-, sisä- ja keskikerroksessa eri suuntaisia pituusakseliinsa nähden. (Hägglom-Ahnger & Komulainen, 2005)

Veden tunkeuduttua kuituun, mikrofibrillien väliseen amorfiseen aineeseen, kuitu turpoaa paksuussuunnassa, mutta ei pituussuunnassa. Kuidun kykyyn pidättää vettä vaikuttaa sen huokoisuusaste. Mitä enemmän kuitu pystyy pidättämään vettä eli mitä suurempi on kuidun kyllästymispiste, sitä suuremmat mahdollisuuden kuidulla on muodostaa sidoksia. Sidosten syntymisen myötä lopputuotteesta tulee lujuusominaisuuksiltaan parempaa. (Hägglom-Ahnger & Komulainen, 2005) Kuviossa 1 on esitetty puukuidun rakenne.



KUVIO 1. Puukuidun rakenne (VTT 2010 a)

2 JAUHATUKSEN VAIKUTUKSET KUITUIHIN

Kemiallisen massan käsittelyn yksi tärkeimmistä prosesseista on jauhatus. Jauhatuksessa kuituja käsitellään paperin lujuuden ja optisten ominaisuuksien parantamiseksi, lisäksi paperin formaatiota voidaan parantaa katkovaalla jauhatuksella. Valikoiminen ja käsittely ovat jauhatuksen kaksi päätarkoitusta. (Koskenhely 2007, 92)

Tutkittaessa jauhatuksen vaikutuksia kuitujen rakenteeseen numeerisesti tai käytännössä, jauhatuksen monimutkaisuus tulee esille. Kuituihin vaikutetaan hyvin monella tavalla jauhatuksen aikana. Moni haluttu jauhatuksen tulos käyttäytyy toiseen ominaisuuteen verrattuna päinvastaisesti. Tämä asettaa jauhatukselle hankalasti optimoitavan tilanteen, joten jauhatuksen muuttujat ovat jokaiselle valmistettavalle tuotteelle erilaiset. (Koskenhely 2007, 92)

Kuitujen käyttäytyminen jauhinterien välissä on kuiduista riippuvaista, koska kuidut saavat erilaisen kohtelun jauhinterien välissä sen mukaan, mistä kohtaa jauhinterien välistä ne ovat menneet. Joten tarkasteltaessa jauhatuksen tulosta ei voida tarkastella yhtä kuitua tai kuituja, jotka on otettu jauhinterien vaikutuspiiristä, vaan koko jauhimen läpimennytää massaa ja sen ominaisuuksia. (Koskenhely 2007, 92)

2.1 Rakenteelliset muutokset

Matalasakeus jauhatuksen päätarkoitus on muuttaa kemiallisesti valmistettujen kuitujen rakennetta. Jauhatus parantaa paperin lujuutta, pinnan sileyttä, formaatiota ja optisia ominaisuuksia. Jauhatuksen kääntöpuolena ovat vedenpoiston lasku ja massan flokkisuuden nousu. (Koskenhely 2007, 92–93)

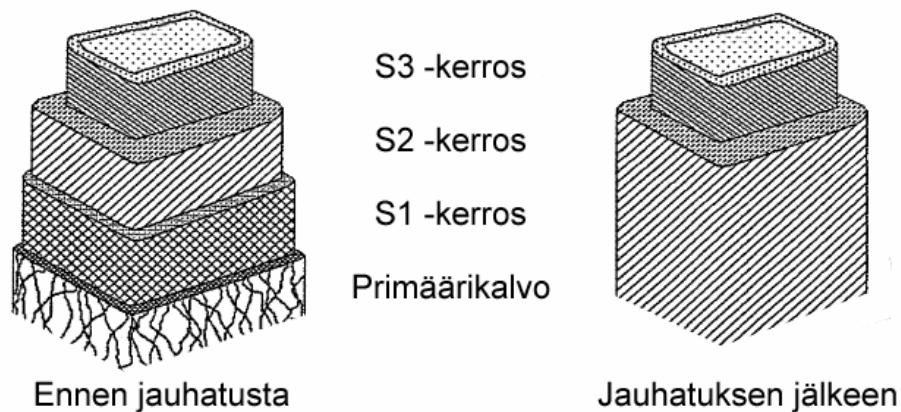
Paperin lujuuden parantamiseksi kuitujen tulee olla joustavia ja muokkaantumiskykyisiä, jotta ne rainanmuodostuksessa muodostavat lujan verkon. Jauhatuksessa turvonnut kuitu fibrilloituu ja kuidusta irtoaa hienoainetta, joka parantaa lujuutta. Varsinkin kuidun fibrilloitunut eli kuidun pinnasta irronnut säe, joka on edelleen kiinnityksessä kuituun, saa aikaan lujan paperirakenteen rainanmuodostuksessa. (Koskenhely 2007, 92–93)

Hienoaineen muodostus parantaa parhaiten optisten ominaisuuksien kehittymistä, mutta aiheuttaa ongelmia vedenpoistolle ja sen energian kulutukselle. Myös kuitujen fibrillatio heikentää vedenpoistoa, koska fibrilloitunut kuitu pystyy imemään ja pitämään itsessään enemmän vettä. (Koskenhely 2007, 92–93)

2.2 Primäärikalvon poistuminen

Paperiteknisesti erittäin tärkeä primäärikalvon poistuminen luo edellytykset muille jauhatusvaikutuksille ja kuitujen välisten sidosten syntymiselle. Primäärikalvo läpäisee vettä, mutta on itse turpoamaton. Siksi se pitää kuidun koossa, estää sitä turpoamasta ja muodostamasta sidoksia toisten kuitujen kanssa. (VTT 2010 b)

Suurin osa primäärikalvosta häviää sellun keitossa ja valkaisussa, loppu poistuu jauhatuksen alkuvaiheessa. Sekundääriseinäjä paljastuu nopeasti jauhatuksen alkuvaiheessa, joten sekundääriseinäjän ulkokerros alkaa irtautua kuidusta. Primäärikalvon ja sekundääriseinäjän ulkokerroksen irtautuminen kuidusta on paperiteknisesti erittäin tärkeää, jotta muut jauhatusvaikutukset voivat tapahtua. (VTT 2010 b) Kuviossa 2 on esitetty jauhatuksessa tapahtuva primäärikalvon poistuminen.



KUVIO 2. Primäärikalvon poistuminen (VTT 2010 b)

2.3 Sisäinen fibrillaatio

Sisäinen fibrillaatio tarkoittaa kuidun seinämän turpoamista ja kuidun kerrosten halkeilua. Jauhatuksen jälkeen kuituun imeytyy paremmin vettä, koska kuitua on käsitelty ja sen primäärikalvo poistunut muokkauksessa jauhinterien välissä. (Koskenhely 2007, 96–98)

Jauhinterien vaikutuksesta kuituun imeytyy vettä ja se turpoaa. Tämän takia kuidusta tulee mukautumiskykyisempi ja rainanmuodostuksen aikana kuidun seinämät epämuodostuvat ja ne voivat romahtaa. Tutkimuksien mukaan sisäisen fibrillaation kehityksessä määräävänä tekijänä näyttää olevan käytetyn energian määrä. (Koskenhely 2007, 96–98)

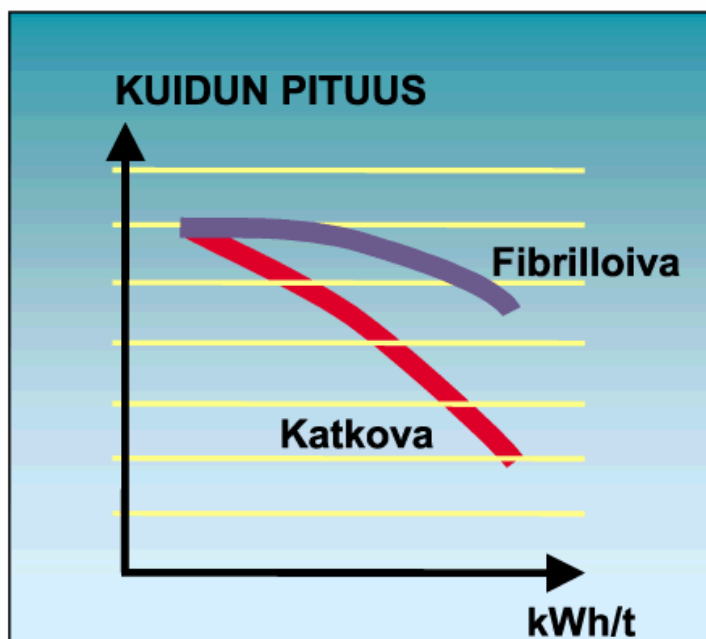
Kuidun kuivatushistoria vaikuttaa sen käyttäytymiseen rainanmuodostuksessa. Jauhatuksen aikana kuivattu massa ei saavuta yhtä hyviä ominaisuuksia kuin kuivaamaton, koska osa kuivatuksessa sulkeutuneista kuidun huokosista ei aukea jauhatuksen aikana. Laboratoriojauhimen vähäisempi intensiteetti jauhatuksen aikana verrattaessa tehdasjauhimiin, voi laskea vähän sisäistä fibrillaatiota laboratorio-olosuhteissa. (Koskenhely 2007, 96–98)

2.4 Kuitujen katkeilu

Kuitujen katkeilu matalasakeusjauhatuksessa johtuu kahdesta pääparametrasta, jotka ovat jauhatuksen voimakkuus ja jauhinterien kunto. Kuitujen katkeilu ei ole toivottava ominaisuus jauhatuksen aikana, koska mitä enemmän pitkiä kuituja saadaan jauhatuksen läpi, sitä enemmän ne antavat paperille lujuutta ja sitovat muita kuitukomponentteja sekä täyteaineita rainanmuodostuksessa paperiin. Kuviossa 3 on esitetty jauhatuksen vaikutus kuidunpituuteen. (Koskenhely 2007, 99)

Jauhatusvoimakkuuden lisääntyessä ja jauhinterien terävälin pienentyessä kuidut ahtautuvat toisiaan vasten tai ne jakautuvat kohti jauhinterien reunaa. Jauhinterien kuituihin aiheuttama voima kohdistuu niihin pitkittäissuuntaisena vetävänä voimana. Mikäli kuituun kohdistuva rasitus ylittää kuidun sietokyvyn, se katkeaa. (Koskenhely 2007, 99)

Käytännössä jauhatuksen intensiteetti tulee aina valita niin, että jauhatuksen positiiviset ominaisuudet saadaan aikaan mahdollisimman vähillä negatiivisilla vaikutuksilla kuituun. Käyttämällä lisäaineita jauhatusprosessissa voidaan kuitujen saamaa liian kovaa jauhatusta välttää sekä pienentää samalla energian käyttöä. Kuitujen ja lisäaineiden valinnalla yhdessä sekä pilot- ja laboratoriojauhin kokeilla, voidaan saavuttaa optimoidut jauhatusolosuhteet ja energian säästöt. (Koskenhely 2007, 99)



KUVIO 3. Jauhatuksen vaikutus kuidunpituuteen (VTT 2010 b)

2.5 Ulkoinen fibrillaatio ja hienoaineen muodostuminen

Jauhatuksen aikana tapahtuu ulkoista fibrillaatiota, jossa kuidun ulkoseinämät fibrilloituvat. Kuiduista irronneista fibrilleistä ja kuitujen katkeilusta syntyy myös hienoainesta. Kuidun seinämän irtoaminen ja ulkoinen fibrillaatio jatkuvat siten, että ensin irtoavat uloimmat kerrokset kuidusta eli sekundääriseinämän ulkokerros ja keskikerros. Jauhatusenergian kasvattaminen myöhemmin saa oletettavasti aikaan hienoaineksen määrän kasvamista ja ulkoisen fibrillaation heikkenemistä. (Koskenhely 2007,100)

Ulkoisen fibrillaation ja kuidun pinnan roolia sidoslujouden hallinnassa ei ole voitu varmaksi näyttää, koska nopeaa ja tarkkaa kvantitatiivista mittausta kuidun ulkoisesta fibrillaation määrästä erilaisille puulajeille ei ole kehitetty. Pohjoismaalaisille havupuulajeille on olemassa mittausmenetelmä, joka tunnistaa hyvin paljon fibrilloituneet kuidut, mutta menetelmä vaatii lisää kehitystä, jotta sillä voitaisiin tutkia vähän fibrilloituneita lehtipuukuituja. (Koskenhely 2007,100)

Rainan muodostuksessa kuidusta irronnut hienoaines täyttää kuitujen välisiä aukkoja ja lisää kuitujen sitoutumista. Kuitujen muoto vaikuttaa kuidun ulkoisen fibrillaation määrään ja sen tyyppiin. Ulkoinen fibrillaation on erilainen eri puulajeilla. Korkealla jauhatusergialla pohjoismaalaisilla havupuulajeilla fibrillit ovat pitkiä ja niitä on paljon, kun taas eukalyptuksella fibrillejä on vain muutamia ja nekin ovat hyvin hentoisia. Lisäksi puun kuidun ikä vaikuttaa fibrilloitumiseen. Uudet kuidut ovat joustavia ja ohuita, kun taas puun vanhat kuidut ovat jäykkiä ja karkeasyisiä. Tästä syystä vanhemmat kuidut fibrilloituvat paremmin jauhinterien välissä kuin joustavat uudet kuidut. (Koskenhely 2007,100)

Jauhatuksen intensiteettiin perustuva määritelmä on Kerekesin ja Sengerin tekemänä. Kun kuidut tulevat aukkoon jauhinterien väliin, jauhinterien reunat ja pinnat jakavat kuidut. Jotta tavoitetasolle pinnan hiertymisen suhteen päästään, tarvitaan tietty puristusvoima suhteessa kuitujen kulkemaan matkaan. (Koskenhely 2007,100)

2.6 Orgaanisen aineksen vapautuminen

Jauhatuksen aikana ympäröivään veteen liukenee liuenneita ja kolloidisia materiaaleja. Valkaistu massa vapauttaa useimmiten hiilihydraatteja, kun taas valkaisematon massa vapauttaa puolestaan sekä hiilihydraatteja että ligniiniä. Massan saanto määrittää vapautuneen materiaalin kokonaismäärän, eli mitä suurempi saanto on, sitä suurempi vapautunut materiaali. Jauhatuksen aikana materiaalin vapautuminen on suurimmillaan alussa ja laskee jauhatuksen keston myötä. Lisäksi lehtipuukuiduista liukenee enemmän materiaalia kuin havupuukuiduista. (Koskenhely 2007,101)

Jauhatuksessa vapautunut materiaali voi vaikuttaa lisäaineiden kanssa paperikoneen massan käsittelyssä. Vapautuneen materiaalin määrä voi vaihdella prosentin kymmenesosista muutamiin prosentteihin, johon vaikuttaa myös massan valkaisuaste. Veden suolapitoisuus ja massan varaustiheys vaikuttavat vapauneen materiaalin määrään. Suolapitoisuuden noustessa vapautumista tapahtuu vähemmän. Varaustiheyden noustessa massasta vapautuu paremmin materiaalia. (Koskenhely 2007,101)

LÄHTEET

Häggbloom-Ahnger, U. & Komulainen, P. 2005. Paperin ja kartongin valmistus, 1-3. painos, Jyväskylä: Opetushallitus, 25-26

Koskenhely, Kari 2007. Refining of chemical pulp fibres. Teoksessa Hannu Paulapuro (toim.), Papermaking Part 1, Stock Preparation and Wet End. Jyväskylä. Fapet, 94-101.

VTT / Prowledge Oy 2010. KnowPap Versio 12.0 (12/2010).[online]. Luettu 12.5.2011.
file:///book/knowpap/suomi/paper_technology/2_stock_system/7_refining/2_eff_fiber
_stock/frame.htm (b)

VTT / Prowledge Oy 2010. KnowPap Versio 12.0 (12/2010).[online]. Luettu 12.5.2011.
file:///book/knowpap/suomi/raw_materials/1_fibers/3_fiber_structure/frame.htm (a)